

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011400166 **Image available**
WPI Acc No: 1997-378073/199735
XRAM Acc No: C97-121556
XRPX Acc No: N97-314258

Electron emitting element mfg method e.g. for FED - involves implanting fine particles consisting of electrically conductive material into predetermined depth of softened resin layer, on glass substrate

Patent Assignee: DAINIPPON PRINTING CO LTD (NIPQ)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 9161666	A	19970620	JP 95347383	A	19951213	199735 B

Priority Applications (No Type Date): JP 95347383 A 19951213

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 9161666	A	15		

Abstract (Basic): JP 9161666 A

The method involves forming a pair of electrodes (12,13) on the end faces of a glass substrate (11), respectively. A thermoplastic layer (15) is formed on the substrate thereby covering the electrodes. Heat treatment of the substrate is carried out in the vacuum environment for softening of the resin layer.

Then, fine particles (14b) consisting of electrically conductive material are implanted in the softened resin layer. The implanted fine particles are made to diffuse uniformly, into predetermined depth.

Emission of electron from the surface of the resin layer takes place when voltage is applied to electrodes.

ADVANTAGE - Provides electron emitting element with stable electron emission characteristics, using simple process.

Dwg.6/16

Title Terms: ELECTRON; EMIT; ELEMENT; MANUFACTURE; METHOD; FEED; IMPLANT;
FINE; PARTICLE; CONSIST; ELECTRIC; CONDUCTING; MATERIAL; PREDETERMINED;
DEPTH; SOFTEN; RESIN; LAYER; GLASS; SUBSTRATE

Index Terms/Additional Words: FIELD; EMISSION; DISPLAY

Derwent Class: A85; L03; V05

International Patent Class (Main): H01J-009/02

International Patent Class (Additional): H01J-001/30

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): A11-B05; A11-C04; A12-E07C; L03-C02A

Manual Codes (EPI/S-X): V05-L01A3; V05-L05D1

Polymer Indexing (PS):

<01>

001 018; H0317; S9999 S1434

002 018; ND00; ND01; ND07; N9999 N7170 N7023; Q9999 Q7523; Q9999 Q7512;
N9999 N6202 N6177; K9949; K9712 K9676; K9483-R; K9529 K9483; K9416

003 018; A999 A135; S9999 S1456-R; B9999 B5209 B5185 B4740

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開番号

特開平9-161666

(43) 公開日 平成9年(1997)6月20日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J	9/02		H 0 1 J	B
	1/30			A

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-347383

(22) 出願日 平成7年(1995)12月13日

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 細谷守男

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

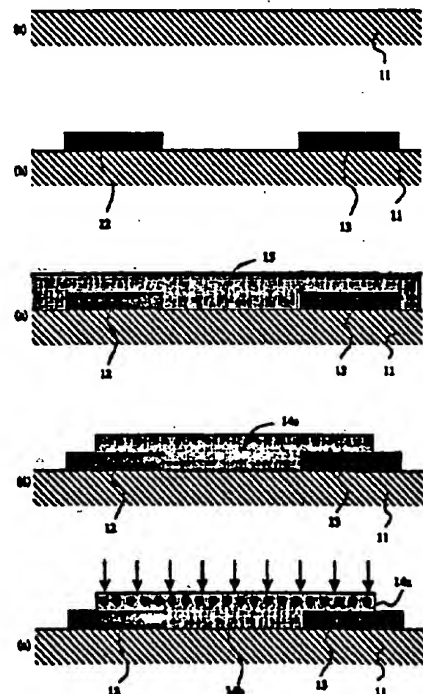
(74) 代理人 弁理士 志村 浩

(54) 【発明の名称】 電子放出素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 安定した電子放出が可能な電子放出素子を簡単なプロセスで製造する。

【解決手段】 ガラス基板11上に、一対の電極12、13を形成する(図(b))。その上に、熱可塑性の樹脂層15を形成し(図(c))、パターニングして樹脂層14aを形成する(図(d))。この基板11をチャンバ内に入れ、加熱して樹脂層14aを軟化させる。チャンバ内を真空に保ち、導電性材料を加熱蒸発させると、導電性材料からなる微粒子14bが、軟化した樹脂層14a内に打ち込まれる(図(e))。こうして、樹脂層14a内に導電性微粒子14bが一様に分散した薄膜構造が得られる。樹脂層14aは高抵抗体層として機能し、両電極12、13間に電圧を印加すると樹脂層14aの表面より電子放出が見られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電性材料からなる微粒子を絶縁性材料からなる高抵抗体層中に分散してなる電子放出層を有する電子放出素子を製造する方法において、基板上に熱可塑性をもった樹脂層を形成し、前記樹脂層を加熱して軟化させた状態において、導電性材料からなる微粒子を前記樹脂層の表面から打ち込み、前記樹脂層の所定の深さ位置に前記微粒子が分散した状態の電子放出層を形成することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の製造方法において、樹脂層が形成された基板と導電性材料とをチャンバ内に収容し、このチャンバ内を所定の真空度に保った状態において、前記基板を加熱して前記樹脂層を軟化させるとともに、前記導電性材料を加熱して蒸発させ、前記導電性材料からなる微粒子が前記樹脂層の表面から内部へ打ち込まれるようにすることを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項3】 請求項1に記載の製造方法において、導電性材料を収容した第1のチャンバと、樹脂層が形成された基板を収容した第2のチャンバとを用意し、前記第1のチャンバ内の雰囲気の前記第2のチャンバ内に移送する移送管を設け、前記第1のチャンバ内に前記導電性材料に対する不活性ガスを導入しながら、前記第2のチャンバ内を排気することにより、前記第1のチャンバ内の雰囲気が前記移送管を介して前記第2のチャンバ内へと導入されるようにし、前記第1のチャンバ内で前記導電性材料を加熱して蒸発させ、前記導電性材料からなる微粒子を生成し、この微粒子が前記第2のチャンバ内へ導入されるようにするとともに、前記第2のチャンバ内で前記基板を加熱して前記樹脂層を軟化させ、前記微粒子が前記樹脂層の表面から内部へ打ち込まれるようにすることを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項4】 請求項3に記載の製造方法において、導電性材料からなる微粒子の表面に、前記導電性材料と反応して絶縁化合物を生成する性質をもった反応性ガスを作用させ、表面が前記絶縁化合物によって覆われた導電性材料からなる微粒子を生成し、この微粒子が樹脂層の表面から内部へ打ち込まれるようにすることを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の製造方法において、基板上に複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ一对の電極を形成し、前記基板上の各区画ごとに定められた個々の固有領域にそれぞれ前記一对の電極に接触する独立した樹脂層を形成し、前記基板上の全領域のうち、前記固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行い、

前記基板上の各区画ごとにそれぞれ独立した電子放出素子を形成することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項6】 請求項1～4のいずれかに記載の製造方法において、基板上に複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ一对の電極を形成し、前記基板上の複数の区画にまたがる領域に広域樹脂層を形成した後、この広域樹脂層をパターニングすることにより各区画ごとに定められた個々の固有領域にそれぞれ前記一对の電極に接触する独立した樹脂層を形成し、前記基板上の全領域のうち、前記固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行い、前記基板上の各区画ごとにそれぞれ独立した電子放出素子を形成することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項7】 請求項1～4のいずれかに記載の製造方法において、基板上に複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ一对の電極を形成し、前記基板上の複数の区画にまたがる領域に広域樹脂層を形成し、この広域樹脂層の全領域のうち、前記各区画ごとに定められた個々の固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行い、前記基板上の各区画ごとにそれぞれ独立した電子放出素子を形成することを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項8】 請求項7に記載の製造方法において、微粒子の打ち込みを行った後に、広域樹脂層の全領域のうち各固有領域のみを残すパターニングを行い、個々の固有領域にそれぞれ独立した樹脂層を形成するようにしたことを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項9】 請求項1～4のいずれかに記載の製造方法において、基板上に複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ一对の電極を形成し、前記基板上の複数の区画にまたがる領域に広域樹脂層を形成し、この広域樹脂層の全領域に対して微粒子の打ち込みを行い、続いて、前記広域樹脂層のうち前記各区画ごとに定められた個々の固有領域のみを残すパターニングを行い、個々の固有領域にそれぞれ前記一对の電極に接触する独立した樹脂層を形成するようにしたことを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項10】 請求項6、8または9に記載の製造方法において、感光性をもった樹脂により広域樹脂層を形成し、この感光性広域樹脂層に対する露光によりパターニングを行うことを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項11】 請求項5～8のいずれかに記載の製造

方法において、

基板に対して、各区画の固有領域に対応した開口窓を有する遮蔽マスクを配置し、この開口窓を通してのみ選択的に微粒子の打ち込みが行われるようにしたことを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項12】 請求項5～8のいずれかに記載の製造方法において、

樹脂層への打ち込みに適した速度で微粒子をノズルから放出させ、

前記ノズルを開閉する開閉手段と、基板面に対してノズルの位置を走査する走査手段とを設け、

前記開閉手段により微粒子の放出／非放出を制御するとともに前記走査手段によりノズルの走査を行い、各固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行うようにしたことを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項13】 請求項1～12のいずれかに記載の製造方法において、

微粒子の打ち込みを行った後に、樹脂層に通電してジュール熱による変質を起こさせるフォーミング処理を行うことを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【請求項14】 請求項1～12のいずれかに記載の製造方法において、

電気的な極性をもった樹脂により樹脂層を形成し、微粒子の打ち込みを行った後に、所定方向に電界をかけながら前記樹脂層を加熱して軟化させ、樹脂を所定方向に配向させた状態で重合させるボーリング処理を行うことを特徴とする電子放出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子放出素子の製造方法に関し、特に、導電性材料からなる微粒子を絶縁性材料からなる高抵抗体層中に分散してなる電子放出層を有する電子放出素子を製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】フラットパネルディスプレイの一種として、FED (Field Emission Display) が精力的に研究されている。このFEDは、カソード基板とアノード基板とを対向させ、カソード基板上に多数の電子放出素子を配置し、この電子放出素子からアノード基板に向けて電子を放出させ、アノード基板上の蛍光体層を発光させるものである。カソード基板上に形成される電子放出素子は、個々の画素に対応することになる。これまで利用されている電子放出素子は、電子放出に適した鋭い突起構造を有するものが一般的であり、たとえば、先端部が尖った円錐状の金属からなる電子放出素子が広く利用されている。

【0003】これに対して、近年、表面伝導型の電子放出素子が注目を浴びている。これは、基板上に形成された小面積の薄膜に、膜面に平行に電流を流すことにより電子放出が生じる現象を利用した電子放出素子である。

このような電子放出現象は、1965年に「ラジオエンジニアリング エレクトロ フィジックス(Radio Eng. Electron. Phys.)第10巻、1290～1296頁」

に、エム・アイ・エリンソン(M.I. Elinson)らによって報告されて以来、今日に至るまで種々の報告がなされている。具体的には、エリンソンらによって開発された SnO_2 (Sb) 薄膜をはじめ、Au薄膜、ITO薄膜、カーボン薄膜などで、この表面伝導型の電子放出現象が報告されている。このような現象は、高抵抗領域が局所的に存在する薄膜について起こる特有の電子放出現象であることが知られており、通常は、局所的な高抵抗領域を形成するためにフォーミング処理が施される。たとえば、特公平6-87392号公報には、微粒子を含む導電性薄膜に通電加熱を施すことにより、表面伝導型の電子放出機能をもった電子放出素子を製造する方法が開示されている。この方法では、通電加熱というフォーミング処理により、導電性薄膜内に局所的に亀裂を発生させることができ、この亀裂部分が高抵抗領域として機能することになる。

20 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したフォーミング処理を施す製造方法では、安定した電子放出が可能な素子を製造することが非常に困難である。基板上に導電性薄膜を形成し、この導電性薄膜に通電加熱などのフォーミング処理を施すと、通電破壊によって膜内に局所的に亀裂が生じ、この亀裂部分が高抵抗領域として機能することになる。したがって、安定した電子放出を実現するためには、亀裂を薄膜内に均一に発生させてやる必要がある。ところが、このフォーミング処理工程において、亀裂の発生箇所や亀裂の大きさなどを制御することは困難であり、安定した電子放出が可能な素子を実現するためには、このフォーミング処理工程に高度な技術が必要になる。

【0005】また、上述したように、表面伝導型の電子放出素子は、FEDなどのフラットパネルディスプレイへの利用が期待されている素子であり、このようなディスプレイへ応用する場合、基板上に多数の素子を行列状に配置し、各素子から安定した均一な電子放出を得る必要がある。もし、動作が不安定な素子が混在するようになると、ディスプレイとしての画面表示にムラが生じ、もはや高品位のディスプレイは実現できなくなる。このため、ディスプレイへ応用する上では、各画素を構成する個々の電子放出素子の特性をできるだけ均一にし、すべての素子から安定した電子放出が得られるようにする必要がある。したがって、ディスプレイに利用される電子放出素子の場合には、更に高度なフォーミング処理が要求されることになる。

【0006】このようなフォーミング処理の問題を解決すべく、特公平6-101297号公報には、フォーミング処理が必要ない電子放出素子の構造が提案されてい

50

る。すなわち、この公報には、第1の絶縁層の表面に微粒子を分散させ、この上に第2の絶縁層を形成することにより、微粒子の分散面を絶縁層によって挟持した構造を作り、表面伝導型の電子放出素子を構成する技術が開示されている。しかしながら、この構造では、微粒子分散面を絶縁層によって挟み込む必要があるため、製造プロセスが複雑化するという新たな問題が生じることになる。

【0007】そこで本発明は、安定した電子放出が可能な電子放出素子を単純な工程で製造することができる製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明の第1の態様は、導電性材料からなる微粒子を絶縁性材料からなる高抵抗体層中に分散してなる電子放出層を有する電子放出素子を製造する方法において、基板上に熱可塑性をもった樹脂層を形成し、この樹脂層を加熱して軟化させた状態において、導電性材料からなる微粒子を樹脂層の表面から打ち込み、樹脂層の所定の深さ位置に微粒子が分散した状態の電子放出層を形成するようにしたものである。

【0009】(2) 本発明の第2の態様は、上述の第1の態様に係る電子放出素子の製造方法において、樹脂層が形成された基板と導電性材料とをチャンバ内に収容し、このチャンバ内を所定の真空度に保った状態において、基板を加熱して樹脂層を軟化させるとともに、導電性材料を加熱して蒸発させ、導電性材料からなる微粒子が樹脂層の表面から内部へ打ち込まれるようにしたものである。

【0010】(3) 本発明の第3の態様は、上述の第1の態様に係る電子放出素子の製造方法において、導電性材料を収容した第1のチャンバと、樹脂層が形成された基板を収容した第2のチャンバとを用意し、第1のチャンバ内の雰囲気第2のチャンバ内に移送する移送管を設け、第1のチャンバ内に導電性材料に対する不活性ガスを導入しながら、第2のチャンバ内を排気することにより、第1のチャンバ内の雰囲気が移送管を介して第2のチャンバ内へと導入されるようにし、第1のチャンバ内で導電性材料を加熱して蒸発させ、導電性材料からなる微粒子を生成し、この微粒子が第2のチャンバ内へ導入されるようにするとともに、第2のチャンバ内で基板を加熱して樹脂層を軟化させ、微粒子が樹脂層の表面から内部へ打ち込まれるようにしたものである。

【0011】(4) 本発明の第4の態様は、上述の第3の態様に係る電子放出素子の製造方法において、導電性材料からなる微粒子の表面に、この導電性材料と反応して絶縁化合物を生成する性質をもった反応性ガスを作用させ、表面が絶縁化合物によって覆われた導電性材料からなる微粒子を生成し、この微粒子が樹脂層の表面から内部へ打ち込まれるようにしたものである。

【0012】(5) 本発明の第5の態様は、上述の第1～第4の態様に係る電子放出素子の製造方法において、基板上に複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ一対の電極を形成し、基板上の各区画ごとに定められた個々の固有領域にそれぞれ一対の電極に接触する独立した樹脂層を形成し、基板上の全領域のうち、個々の固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行い、基板上の各区画ごとにそれぞれ独立した電子放出素子を形成するようにしたものである。

【0013】(6) 本発明の第6の態様は、上述の第1～第4の態様に係る電子放出素子の製造方法において、基板上に複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ一対の電極を形成し、基板上の複数の区画にまたがる領域に広域樹脂層を形成した後、この広域樹脂層をパターニングすることにより各区画ごとに定められた個々の固有領域にそれぞれ一対の電極に接触する独立した樹脂層を形成し、基板上の全領域のうち、個々の固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行い、基板上の各区画ごとにそれぞれ独立した電子放出素子を形成するようにしたものである。

【0014】(7) 本発明の第7の態様は、上述の第1～第4の態様に係る電子放出素子の製造方法において、基板上に複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ一対の電極を形成し、基板上の複数の区画にまたがる領域に広域樹脂層を形成し、この広域樹脂層の全領域のうち、各区画ごとに定められた個々の固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行い、基板上の各区画ごとにそれぞれ独立した電子放出素子を形成するようにしたものである。

【0015】(8) 本発明の第8の態様は、上述の第7の態様に係る電子放出素子の製造方法において、微粒子の打ち込みを行った後に、広域樹脂層の全領域のうち各固有領域のみを残すパターニングを行い、個々の固有領域にそれぞれ独立した樹脂層を形成するようにしたものである。

【0016】(9) 本発明の第9の態様は、上述の第1～第4の態様に係る電子放出素子の製造方法において、基板上に複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ一対の電極を形成し、基板上の複数の区画にまたがる領域に広域樹脂層を形成し、この広域樹脂層の全領域に対して微粒子の打ち込みを行い、続いて、広域樹脂層のうち各区画ごとに定められた個々の固有領域のみを残すパターニングを行い、個々の固有領域にそれぞれ一対の電極に接触する独立した樹脂層を形成するようにしたものである。

【0017】(10) 本発明の第10の態様は、上述の第6、第8、第9の態様に係る電子放出素子の製造方法において、感光性をもった樹脂により広域樹脂層を形成し、この感光性広域樹脂層に対する露光によりパターニングを行うようにしたものである。

【0018】(11) 本発明の第11の態様は、上述の第5〜第8の態様に係る電子放出素子の製造方法において、基板に対して、各区画の固有領域に対応した開口窓を有する遮蔽マスクを配置し、この開口窓を通してのみ選択的に微粒子の打ち込みが行われるようにしたものである。

【0019】(12) 本発明の第12の態様は、上述の第5〜第8の態様に係る電子放出素子の製造方法において、樹脂層への打ち込みに適した速度で微粒子をノズルから放出させ、ノズルを開閉する開閉手段と、基板面に対してノズルの位置を走査する走査手段とを設け、開閉手段により微粒子の放出/非放出を制御するとともに走査手段によりノズルの走査を行い、各固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行うようにしたものである。

【0020】(13) 本発明の第13の態様は、上述の第1〜第12の態様に係る電子放出素子の製造方法において、微粒子の打ち込みを行った後に、樹脂層に通電してジュール熱による変質を起こさせるフォーミング処理を行うようにしたものである。

【0021】(14) 本発明の第14の態様は、上述の第1〜第12の態様に係る電子放出素子の製造方法において、電気的な極性をもった樹脂により樹脂層を形成し、微粒子の打ち込みを行った後に、所定方向に電界をかけながら樹脂層を加熱して軟化させ、樹脂を所定方向に配向させた状態で重合させるボーリング処理を行うようにしたものである。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示する実施形態に基づいて説明する。

【0023】§1. 従来の電子放出素子の構造および動作

はじめに、従来の一般的な表面伝導型の電子放出素子の構造および動作原理を説明しておく。図1は、従来の表面伝導型の電子放出素子10および対向基板20の構造を示す断面図である。この例では、電子放出素子10は、ガラス基板11上に電極12、13を形成し、更にその上に電子放出層14を形成することにより構成されている。電子放出層14は、カソード電極として機能することになり、たとえば、 SnO_2 、 In_2O_3 、 PbO などの金属酸化物、 Au 、 Ag などの金属、カーボンその他各種半導体など、表面伝導型の電子放出現象が知られている材料であればどのような材料で構成してもかまわない。一方、対向基板20は、ガラス基板21上に透明電極22および蛍光体層23を形成したものである。透明電極22は、たとえばITOなどの材料で構成され、アノード電極として機能することになる。

【0024】図2は、図1に示す電子放出素子10におけるガラス基板11上に形成された構成要素の上面図であり、この図における切断線1-1による断面が図1に

示されていることになる。電極12および13が所定間隔をおいて向き合っており、その間に電子放出層14が形成されている状態が明瞭に示されている。

【0025】いま、図1に示すように、各部に配線を施した場合に生じる現象について考えてみる。この配線によれば、電極13は接地され、電極12には電源31から負の電圧が印加される。また、電子放出素子10と対向基板20との間にも、電源32によってカソード/アノード間電圧が印加されるが、この図1に示す状態では、スイッチ33が閉じているため、電圧印加は行われていない。さて、電極12、13によって、電子放出層14の両側に電圧が印加されると、電子放出層14の膜表面部分に、図に矢印で示したような電子放出が起こる。これが、表面伝導型の電子放出として知られている現象である。

【0026】ここで、スイッチ33を閉じてカソード/アノード間電圧を印加すれば、図3に示すように、電子放出層14の表面に放出された電子は、アノード側の対向基板20へと飛翔することになり、このようなカソードからアノードへと向かう電子の衝突により、蛍光体層23が蛍光を発することになる。ここでは、説明の便宜上、1画素分の構成要素のみを示したが、このような1画素分の構成要素を縦横にマトリクス状に配列すれば、画素を二次元平面上に並べたフラットパネルディスプレイを実現することができる。なお、このようなフラットパネルディスプレイでは、スイッチ33を閉じた状態のままとし、各画素ごとに電源31からの印加電圧を調節して、画素ごとの発光状態を制御するのが一般的である。より具体的には、電子放出層14に与える印加電圧の値および印加時間を調節することにより、対向基板20側への電子の飛翔量を制御することができる。

【0027】このような電子放出特性をもった電子放出層を形成するために、従来は導電性薄膜に対するフォーミング処理を行っていた。すなわち、図4の側断面図に示すように、ガラス基板11上に一對の電極12、13を形成した後、導電性薄膜14Zを形成し、両電極12、13間に電源34からフォーミング用の比較的大きな電流Ifを供給し、ジュール熱により導電性薄膜14Zを局所的に破壊、変形もしくは変質させて電気的に高抵抗な領域（具体的には、 $0.5\mu\text{m}$ 〜 $5\mu\text{m}$ 程度の亀裂）を生成させ、電子放出層14の形成を行っていた。しかしながら、このようなフォーミング工程では、亀裂の生成箇所や大きさを正確に制御することができないため、安定した電子放出が可能な電子放出層14を形成することが困難であることは既に述べたとおりである。

【0028】§2. 本発明に係る電子放出素子の構造および動作

本発明は、電子放出素子の製造方法に関するものであるが、説明の便宜上、本発明に係る方法によって製造された電子放出素子の構造および動作をここで述べておく。

本発明に係る電子放出素子は、図1に示すような表面伝導型の電子放出素子において、絶縁性材料からなる高抵抗体層中に導電性材料からなる微粒子を分散した層により、電子放出層14を構成したものである。図5は、この電子放出層14の基本構成を説明するための拡大断面図であり、絶縁性材料からなる高抵抗体層14a中に導電性材料からなる微粒子14bが分散された状態が示されている。一般に、直径100nm以下の微粒子に対しては、「超微粒子」という言葉が用いられているが、この実施形態では、微粒子14bとして、平均直径100nm程度の大きさの超微粒子が用いられている。また、この実施形態では、絶縁性材料からなる高抵抗体層14aの最大厚（すなわち、図5の中央部分の厚み）は300nm程度であり、各微粒子14bは、この層の表面からほぼ40nm程度の深さ位置に埋設された状態になっている。個々の微粒子14bごとに多少のばらつきはあるものの、いずれもほぼ同じ深さ位置に埋設されており、基板面に平行な面内において、多数の微粒子14bが二次元的に一様分散した状態が得られている。

【0029】このように、絶縁性材料からなる高抵抗体層14a中に導電性材料からなる微粒子14bを分散してなる電子放出層14を基板11上に形成すれば、この電子放出層14から電子放出現象が生じる。すなわち、図5に示す構造体において、両電極12、13間に所定の印加電圧V1を供給すると、分散している多数の超微粒子14bを介して電流が流れることになり、電子放出層14の表面から電子放出現象が見られる。このような現象は、導電性微粒子14bの径と分散密度とを所定条件に保ったときに見られる。すなわち、図6に示すように、高抵抗体層14a中の導電性微粒子14bの粒径をD1、最も近い他の隣接微粒子との間隔をD2とすれば、D1、D2が所定の範囲の値をとった場合に、このような電子放出現象が起こる。本願発明者の行った実験によれば、粒径D1の上限値は100nm程度であると考えられ、粒径D1が100nm以下の導電性微粒子を用いれば、本発明を実現することができる。一方、隣接微粒子との間隔D2に関する条件は、粒子の径や形状に左右されるため、一概に数値条件を決定することはできないが、ある程度の数値範囲が存在することは確かである。すなわち、間隔D2があまり小さくなりすぎると、電子放出層14全体が単なる導電層として機能してしまい、電子放出現象は生じなくなるし、逆に、間隔D2があまり大きくなりすぎると、隣接粒子間における電子移動が起こらなくなり、電子放出層14全体が単なる絶縁層として機能してしまい、やはり電子放出現象は生じなくなる。電子放出現象が生じるための間隔D2もしくは粒子分布密度に関する臨界条件の決定は、現時点ではなされていないが、実験によれば、概ね、D1=D2程度に設定すると効率的な電子放出が可能である。本実施形態では、D1=D2=20nm程度とした。なお、後述

する本発明の製造方法によれば、導電性微粒子14bの径や分散密度を自由に制御することが可能である。

【0030】このような構造体において、電子放出現象が起こる理由について、現段階では詳細な理論的考察はなされていない。ただ、本願発明者は、このように高抵抗体層内に粒径100nm以下の導電性超微粒子が散在する状態では、次のような理由により電子放出が起こりやすい環境が生じているものと考えている。すなわち、一般に、コロナ放電のような放電現象は鋭利な先端部から生じることが知られている。粒径100nm以下の導電性超微粒子は、この鋭利な先端部と同等の機能を果たすであろうことは想像するに難くない。したがって、このような微細な導電性超微粒子を高抵抗体層中に散在させると、真空中の針先から放電が起こるのと同じように、電子放出が起こるのではないかと考えられる。特に、図5において、たとえば電極12側に負の電圧を印加したとすると、電子放出層14の電極12近傍領域には、負電圧印加により過剰電荷が発生するものと考えられ、この過剰電荷が電子放出に寄与するものと思われる。なお、後述する本発明の製造方法によれば、図5に示すような高抵抗体層中に導電性超微粒子が散在した状態が直ちに得られるので、従来のように、層中に微細な亀裂を生じさせる必要はなくなり、従来のようなフォーミング処理は必ずしも必要なくなる。

【0031】上述した構造の電子放出素子によれば、電子放出層14の表面から、非常に安定した電子放出が得られる。電子放出層14は、図5に示すように、導電性微粒子14bを高抵抗体層14a中に分散させてなる層である。もちろん、個々の微粒子をミクロ的に見れば、それぞれ粒径D1や形状も異なり、また、隣接する微粒子との間隔D2もそれぞれ異なっている。しかしながら、電子放出層14全体としてマクロ的に見れば、各超微粒子の粒径や分布状態は均一とみなすことができ、非常に安定した電子放出が得られるのである。また、たとえば、この1つの電子放出層14によって1画素を表示するディスプレイ装置を製造する場合、支持基板には多数の独立した電子放出層14が形成されることになるが、マクロ的に見れば、各電子放出層14内の超微粒子の粒径や分布状態はほぼ同一になり、画素間における表示特性も均一になる。このため、画素間の表示特性にムラのない高品位のディスプレイ装置が実現できる。

【0032】§3. 本発明の適用対象となる別な電子放出素子の構造

本発明に係る製造方法は、図1に示すような構造をもった電子放出素子だけに限定されるものではなく、この他、種々の構造をもった電子放出素子を製造する場合に適用可能である。本発明に係る製造方法は、導電性材料からなる微粒子を絶縁性材料からなる高抵抗体層中に分散してなる電子放出層と、この電子放出層に接触し互いに所定間隔において配置された一対の電極と、が形成さ

11

れた構造をもった電子放出素子に対して広く適用可能である。以下に、本発明を適用可能ないくつかの電子放出素子の構造を例示しておく。

【0033】図1あるいは図5に示す構造は、支持基板11上に電極12、電子放出層14、電極13を横に並べたものである。これに対して、図7に示す構造は、これを縦に並べるようにしたものである。すなわち、まず、図7(a)に示すように、支持基板51(図示されていない)の上に、下部電極層52、中間絶縁層53、上部電極層54を積層した三層構造体を形成し、更に、その側面端部に、図7(b)に示すように電子放出層55を形成するのである。ここで、電子放出層55は、図5に示す例と同様に、高抵抗体層内に導電性微粒子を分散した薄膜層である。このような構造によっても、電子放出素子50を形成することができる。

【0034】すなわち、図8の側断面図に示されているように、ガラス基板51上に、下部電極層52、中間絶縁層53、上部電極層54を積層した三層構造体を形成し、更に、その側面端部に、電子放出層55を形成してなる電子放出素子50を用意し、その上に対向基板20を配置する。対向基板20は、ガラス基板21上に透明電極22および蛍光体層23を形成したものである。ここで、図8に示すように各部に配線を施す。この配線によれば、電極層52は接地され、電極層54には電源31から負の電圧が印加される。また、電子放出素子50と対向基板20との間にも、電源32によってカソード/アノード間電圧が印加されるが、この図8に示す状態では、スイッチ33が開いているため、電圧印加は行われていない。電極層52、54によって、電子放出層55の両側に電圧が印加されると、電子放出層55の膜表面部分に、図に矢印で示したような電子放出が起こる。

【0035】ここで、スイッチ33を閉じてカソード/アノード間電圧を印加すれば、図9に示すように、電子放出層55の表面に放出された電子は、アノード側の対向基板20へと飛翔することになり、このようなカソードからアノードへと向かう電子の衝突により、蛍光体層23が蛍光を発することになる。ここでは、説明の便宜上、1画素分の構成要素のみを示したが、このような1画素分の構成要素を縦横にマトリックス状に配列すれば、画素を二次元平面上に並べたフラットパネルディスプレイを実現することができる。なお、このようなフラットパネルディスプレイでは、スイッチ33を閉じた状態のままとし、各画素ごとに電源31からの印加電圧を調節して、画素ごとの発光状態を制御するのが一般的である。より具体的には、電子放出層55に与える印加電圧の値および印加時間を調節することにより、対向基板20側への電子の飛翔量を制御することができる。

【0036】図10に示す構造は、図7に示す構造に段差を設けたものである。すなわち、まず、図10(a)に

12

示すように、支持基板61(図示されていない)の上に、下部電極層62、中間絶縁層63、上部電極層64を積層した三層構造体を形成する。この三層構造体は、側部が段差構造となっている。そこで、この段差構造部分に、図10(b)に示すように電子放出層65を形成するのである。ここで、電子放出層65は、図5に示す例と同様に、高抵抗体層内に導電性微粒子を分散した層である。このような構造によっても、電子放出素子60を形成することができる。

【0037】要するに、本発明の特徴は、導電性材料からなる微粒子を絶縁性材料からなる高抵抗体層中に分散して電子放出層を形成するための特有な方法にあり、この方法により形成された電子放出層に対して一对の電極をどのような形態で接触させて電子放出素子を構成してもかまわない。

【0038】§4. 本発明に係る電子放出素子の製造方法の基本原

理
本発明の基本概念は、基板上に熱可塑性をもった樹脂層を形成し、この樹脂層を加熱して軟化させた状態において、導電性材料からなる微粒子を樹脂層の表面から打ち込み、樹脂層の所定の深さ位置に微粒子が分散した状態の電子放出層を形成する点にある。以下、この方法を、図11の側断面工程図を参照しながら説明する。

【0039】まず、図11(a)に示すように、電子放出素子を形成するための支持基板11を用意する。この支持基板11としては、ガラス基板のような絶縁性基板を用いてもよいし、金属基板のような導電性基板の上に絶縁膜を形成したものでもかまわない。続いて、図11(b)に示すように、この支持基板11上に一对の電極12、13を形成する。この電極12、13の基板上での平面形状は、図2の平面図に示されている。電極12、13の材料としては、電極として機能する導電性材料であれば、どのような材料を用いてもかまわない。また、図2に示すような平面形状をもった電極12、13を形成する方法として、どのような方法を用いてもかまわない。たとえば、蒸着法やスパッタリング法により支持基板11上に金属層を堆積させ、一般的なフォトリソグラフィ法によりこの金属層をパターニングすれば、所定の平面形状をもった電極12、13が形成できる。あるいは、金属ペースト(金属粒子を含む樹脂など)を支持基板11上に所定パターンで印刷し、この印刷層に対して焼成工程を行うことにより電極12、13を形成することもできる。

【0040】なお、図11では、説明の便宜上、支持基板11上に単一の電子放出素子を形成する工程を示しているが、実用上は、支持基板11上に多数の電子放出素子を形成するのが一般的である。たとえば、フラットパネルディスプレイに利用するのであれば、支持基板11上に、多数の電子放出素子をマトリックス状に配列し、1つの電子放出素子により1画素分の表示を行わせる必

13

要がある。したがって、実際には、支持基板11上に、個々の画素に対応する複数の区画を定義し、各区画ごとにそれぞれ独立した電子放出素子を形成することになる。別言すれば、図2に示した電子放出素子10は、支持基板11上の1区画内に形成された1つの素子であり、支持基板11上には、このような素子が縦横に多数配列されることになる。図11(b)に示されている一対の電極12、13は、1つの電子放出素子を構成するための1区画内に形成された電極であり、実際には、支持基板11上には、このような一対の電極12、13が各

区画ごとにそれぞれ形成されることになる。
【0041】続いて、この支持基板11上の全面に、図11(c)に示すように、樹脂層15を形成する。この樹脂層15の形成は、たとえば、スピンナーコーティング法などの一般的な樹脂塗布方法などを用いればよい。この樹脂層15は、後に電子放出層の構成要素となる媒体層として機能する層であり、絶縁性および熱可塑性を有する樹脂からなる層である。前述したように、図11では、支持基板11上の1区画分の領域しか示されていないが、実際には、支持基板11上には多数の区画が定義されており、支持基板11上の全面に形成した樹脂層15は、複数の区画にまたがっていることになる。ここでは、このように複数の区画にまたがって形成されている樹脂層を広域樹脂層15と呼ぶことにする。

【0042】次に、この広域樹脂層15に対するパターンニングを行い、図11(d)に示すように、各区画ごとに定められた所定の固有領域の部分だけを樹脂層（高抵抗体層）14aとして残すようにする。この固有領域は、図2の平面図において矩形で示された電子放出層14の占める領域であり、最終的に個々の電子放出層14を形成すべき平面領域に相当する。広域樹脂層15に対するパターンニング法としては、一般的なフォトリソグラフィ法を用いればよい。最後に、図11(e)に示すように、パターンニングされた個々の樹脂層14aの表面から、導電性微粒子14bを打ち込む処理を行う。このとき、樹脂層14aを加熱して軟化させておけば、導電性微粒子14bは樹脂層表面から内部へと進行し、所定の深さ位置に埋設された状態になり、図5に示す電子放出素子が得られることになる。なお、微粒子の打ち込み方法としては、クラスター蒸着法、ガスデポジション法、反応性

ガスデポジション法などを用いることができるが、これらの具体的な方法については後述する。
【0043】また、上述の実施形態では、図11(c)に示すように、支持基板11の全面に広域樹脂層15を塗布形成した後、これをパターンニングして、各固有領域ごとに樹脂層14aを形成しているが、各固有領域に対応した平面パターンをもつ刷版を用意し、印刷工程により、図11(b)に示す状態から図11(d)に示す樹脂層14aを直接形成するようにしてもよい。

【0044】このように、基板上に熱可塑性をもった樹

14

脂層を形成し、この樹脂層を加熱して軟化させた状態において、導電性材料からなる微粒子を樹脂層の表面から打ち込み、樹脂層の所定の深さ位置に微粒子が分散した状態の電子放出層を形成する、という本発明に係る方法のメリットは、微粒子が均一に分散した電子放出層が比較的簡単に得られるという点にある。微粒子を含有した樹脂層を形成する方法としては、あらかじめ導電性微粒子を含有する樹脂を用意しておき、この樹脂を基板上に塗布した後、乾燥させて硬化させる方法などが一般的であるが、そのような方法では、樹脂硬化時に、微粒子の凝集が生じるため、微粒子が均一に分散した状態の樹脂層を形成することが困難である。本発明に係る方法によれば、樹脂層形成後に微粒子を表面から打ち込むという手法を採るため、樹脂層の全面にわたって微粒子を均一に分散させることが可能になる。

【0045】§5. 微粒子の打ち込み方法

ここでは、樹脂層に導電性微粒子を打ち込むための具体的な方法を、図示する実施形態に基づいて例示する。

【0046】(1) クラスター蒸着法

まず、図12に示すようなチャンバ80を用意する。チャンバ80内には、ルツボ81が用意されており、このルツボ81内には導電性材料82が収容されている。ルツボ81はヒータ83によって加熱され、加熱された導電性材料82はチャンバ80内で蒸発する。一方、チャンバ80の上部には、基板ホルダ84と、これを加熱するためのヒータ85とが設置されており、支持基板11は基板ホルダ84によって保持される。また、支持基板11の下方には、遮蔽マスク86が取り付けられる。この遮蔽マスク86には、所定の形状パターンをもった開口窓が形成されている。チャンバ80内の雰囲気は、排気管87から真空ポンプ（図示されていない）によって排気され、内部は所定の真空度に保たれる。

【0047】このような系において、チャンバ80内を排気して所定の真空度に保ちつつ、ヒータ83によってルツボ81を加熱し、導電性材料82を蒸発させると、蒸発した導電性材料がチャンバ80内で微粒子を形成することになる。そこで、図11(d)に示すように、上面に樹脂層14aが形成された支持基板11を、基板ホルダ84の下方に、上下逆になるようにして取り付けておく（図12には図示されていないが、支持基板11の図の下側の面に樹脂層14aが形成されていることになる）、ヒータ85によって基板ホルダ84を加熱し、支持基板11上の樹脂層14aを軟化させておけば、この樹脂層14aの表面（図12における支持基板11の下側の面）から、導電性材料からなる微粒子が打ち込まれることになる。このとき、遮蔽マスク86の存在により、遮蔽マスク86の開口窓を通り抜けた微粒子だけが樹脂層14aに打ち込まれることになる。すなわち、遮蔽マスク86の開口窓に対応した領域に対して、選択的に微粒子を打ち込むことが可能になる。

【0048】打ち込まれる微粒子の大きさや、樹脂層14a内に打ち込まれる深さは、チャンバ80内の真空度、ルツボ81の加熱温度、基板ホルダ84の加熱温度を調節することにより制御することができる。なお、この実施形態では、ヒータ83、85によって間接的に導電性材料82や樹脂層14aを加熱しているが、レーザー光やキセノンランプなどを用いて、導電性材料82や樹脂層14aを直接加熱してもかまわない。

【0049】(2) ガスデポジション法

まず、図13に示すように、2つのチャンバを用意する。第1のチャンバ110は、導電性材料111を蒸発させて微粒子を生成させるためのチャンバであり、第2のチャンバ120は、この第1のチャンバ110で生成された微粒子を、支持基板11上の樹脂層14aの表面にノズル121から放出することにより、微粒子の打ち込みを行うためのチャンバである。支持基板11は移動ステージ122の上に載置されている。

【0050】第1のチャンバ110内には、導電性材料111を入れるためのルツボ112が備わっており、このルツボ112は、図示されていない加熱装置によって加熱される。チャンバ110内には、ガス導入管113によって不活性ガスとしてのヘリウムが導入される。第1のチャンバ110と第2のチャンバ120とは、移送管114によって連結されており、第2のチャンバ120内の雰囲気は、排気管123を介して真空ポンプ（図示されていない）によって排気される。したがって、第1のチャンバ110から移送管114を介して第2のチャンバ120へ至るガスの流路が形成されており、第1のチャンバ110と第2のチャンバ120との圧力差に基づいて、第1のチャンバ110内の雰囲気は第2のチャンバ120内へと移送され、ノズル121から放出される。

【0051】さて、ガス導入管113からヘリウムガスを導入しながら、排気管123からの排気を行い、第1のチャンバ110および第2のチャンバ120をそれぞれ所定の真空度に保つ。この状態で、ルツボ112を加熱して導電性材料111を蒸発させると、導電性材料の蒸気がチャンバ110内に充満することになる。そして、チャンバ110内において、散在している導電性材料の原子もしくは分子は、互いに結合して、導電性の微粒子が生成される。この微粒子は、移送管114を通してノズル121から放出される。

【0052】移動ステージ122上には、図11(d)に示すように、樹脂層14aが形成された支持基板11が載置されている。移動ステージ122は、図示されていない加熱手段によって加熱されるので、支持基板11上の樹脂層14aは加熱により軟化する。したがって、ノズル121から放出された微粒子は、この軟化した樹脂層14aの表面から内部へと打ち込まれることになる。

【0053】図14は、この移動ステージ122上に載

置された支持基板11と、ノズル121との位置関係を示す斜視図である。この例では、支持基板11上には3行3列の9個の区画が定義されており、各区画ごとにそれぞれ一対の電極12、13と樹脂層14aとが形成されている。もちろん、フラットパネルディスプレイなどに用いる場合には、支持基板11上には、より多数の区画が定義されることになる。ノズル121から放出された微粒子は、支持基板11の上面に吹き付けられることになる。ここで、移動ステージ122は、ノズル121の吹き出し方向に対して垂直な平面内において、支持基板11を自由に移動させることができる。すなわち、図14に矢印Xおよび矢印Yで示す方向に、支持基板11を移動させることができ、結局、支持基板11の基板面に対してノズル121の位置を走査することができる。また、ノズル121の内部には開閉弁が設けられており、この開閉弁によって微粒子の放出/非放出を制御することができる。したがって、このノズル121の開閉弁動作と移動ステージ122による移動動作とを制御することにより、支持基板11上の任意の領域にのみ微粒子を打ち込むことが可能になる。具体的には、図14において、樹脂層14aが形成されている各固有領域をノズル121が走査中のときのみ、ノズル121から微粒子を放出させて打ち込みを行うようにすれば、必要な領域に対して選択的に微粒子の打ち込みを行うことができる。

【0054】なお、打ち込まれる微粒子の大きさや、樹脂層14a内に打ち込まれる深さは、ルツボ112の加熱温度、移動ステージ122の加熱温度、両チャンバ内の圧力、ノズル121の吹き出し口の径を調節することにより制御することができる。要するに、微粒子が打ち込みに適した速度でノズル121から放出されるように種々のパラメータを調節すればよい。また、この実施形態では、図示されていない加熱手段によって間接的に導電性材料111や樹脂層14aを加熱しているが、レーザー光やキセノンランプなどを用いて、導電性材料111や樹脂層14aを直接加熱してもかまわない。

【0055】(3) 反応性ガスデポジション法

図13に示したガスデポジション法では、第1のチャンバ110内に不活性ガスとしてのヘリウムガスを導入したが、第1のチャンバ110内に、導電性材料と反応して絶縁化合物を生成する性質をもった反応性ガスを、不活性ガスとともに導入しながら、導電性材料111を加熱して蒸発させれば、表面が絶縁化合物によって覆われた導電性材料からなる微粒子を生成することができる。たとえば、導電性材料111としてアルミニウムを用い、反応性ガスとして酸素を導入すれば、表面が酸化膜（絶縁化合物）で覆われたアルミニウムの微粒子が生成できる。そして、第2のチャンバ120内では、このような表面が絶縁膜で覆われた導電性微粒子が樹脂層14aに打ち込まれることになる。

17

【0056】図15は、このような絶縁膜で覆われた導電性微粒子を樹脂層14a内に打ち込んだ状態を示す断面図である。図示のとおり、樹脂層14a内に分散した個々の導電性微粒子14bの表面には、それぞれ絶縁膜14cが形成されている。このように個々の導電性微粒子の表面に絶縁膜を形成する利点は、図15に示す微粒子P1、P2のように、樹脂層14a中においてたまたま物理的に接触する隣接微粒子が存在したとしても、これらの微粒子は電気的にはあくまでも個々の別個の微粒子としてふるまう点である。表面に絶縁膜が形成されていなかった場合は、微粒子P1、P2は電気的には1つの微粒子としてふるまうことになり、電子放出が起こりにくくなる。また、電子放出層14全体としてみれば、微粒子の分布が不均一になり好ましくない。ところが、表面に絶縁膜が形成されていれば、複数の微粒子が物理的に接触していたとしても、電気的にはそれぞれが個々の別個の微粒子としてふるまうので、このような問題は生じなくなる。このような点において、反応性ガスデポジション法は、前述のガスデポジション法よりも有利である。

【0057】なお、絶縁膜の形成は、必ずしも第1のチャンバ110内において行う必要はない。たとえば、反応性ガスを移送管114の途中で導入し、移送管114を通っての移送途中において、導電性微粒子の表面に絶縁膜を形成させるようにしてもよいし、第2のチャンバ120内のノズル121の吹き出し口付近に反応性ガスを導入し、微粒子の打ち込みの直前に、その表面に絶縁膜を形成させるようにしてもよい。

【0058】86. その他の実施形態

これまで述べた基本的な実施形態では、図11(d)に示すように、各区画ごとに定められた個々の固有領域にそれぞれ独立した樹脂層14aを形成し、図11(e)に示すように、支持基板11上の全領域のうち、各固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行っている。このような選択的な打ち込みは、たとえば、図12に示す実施形態に示すように、各区画の固有領域に対応した開口窓を有する遮蔽マスク86を配置し、この開口窓を通して微粒子を打ち込むことによって行うこともできるし、図13に示す実施形態に示すように、ノズル121から微粒子を放出させながら、ノズル121を走査することによっても行うことができる。

【0059】このような基本的な実施形態に対して、広域樹脂層15の全面に微粒子の打ち込みを行う実施形態も可能である。すなわち、図11(c)に示すように、支持基板11上の複数の区画にまたがる全領域に広域樹脂層15を形成し、図16(a)に示すように、この広域樹脂層15の全領域にわたって、導電性微粒子14bの打ち込みを行うのである。そして、この打ち込み後の広域樹脂層15に対して、各区画ごとに定められた個々の固有領域のみを残すパターニングを行い、図16(b)に示

18

すように、個々の固有領域にそれぞれ独立した樹脂層14aを形成するようにすれば、前述した基本的な実施形態と同様の構造をもった電子放出素子が得られる。

【0060】あるいは、図16(c)に示すように、広域樹脂層15の全領域のうち、各区画ごとに定められた個々の固有領域についてのみ、選択的に微粒子の打ち込みを行うことも可能である。この選択的な打ち込みには、上述したように、遮蔽マスクを用いてもよいし、ノズル走査を行うようにしてもよい。このような広域樹脂層15に対する選択的な打ち込みを行うと、図16(c)に示すように、広域樹脂層15自身は基板上の全域に形成されているにもかかわらず、導電性微粒子14bが分散している領域は、各区画ごとに定められた固有領域のみとなる。そして、導電性微粒子14bが打ち込まれなかった領域は、単なる絶縁層として機能するので、あえて広域樹脂層15に対するパターニングを行うことなしに、図16(c)に示す状態のままでも、各電子放出素子はそれぞれ独立した素子として機能できる。ただ、実際の製造プロセスでは、広域樹脂層15内には種々の不純物が混入するおそれがあり、この不純物によって、隣接する素子間に電流リークが生じる可能性があるため、実用上は、図16(c)に示す状態から、更に広域樹脂層15に対するパターニングを行い、各区画ごとに定められた固有領域のみを残すようにして、最終的には図16(b)に示す構造を得るようにするのが好ましい。

【0061】なお、感光性をもった樹脂により広域樹脂層15を形成しておけば、この感光性広域樹脂層15に対する直接露光によりパターニングを行うことができるので、パターニングのためのレジスト層を新たに形成する必要はなくなり、製造プロセスは単純化される。

【0062】また、本発明に係る方法で製造された電子放出層に対しては、従来のフォーミング処理は必ずしも必要ではないが、フォーミング処理を施すことにより、より電子放出特性を向上させることも可能である。すなわち、図11(e)に示すように、導電性微粒子14bの打ち込みが完了した後、両電極12、13間に電流を流し、この通電によって発生するジュール熱によって樹脂層14aを変質させることも可能である。樹脂層14aは、電子放出層14における高抵抗体層として機能する層であり、所定の条件で変質を行わせれば、電子放出特性を向上させることができる。

【0063】更に、電気的な極性をもった樹脂を用いて樹脂層14aを形成するようにすれば、導電性微粒子14bの打ち込みが完了した後に、ポーリング処理を施すことができる。すなわち、図11(e)に示す構造体に対して、所定方向に電界をかけた状態で、樹脂層14aを加熱して軟化させるのである。すると、樹脂の各分子は電界に応じた方向に配向し、分散中の導電性微粒子14bも一定の配向性を有するようになる。そのままゆっくりと樹脂層14aを冷却して重合させれば、最終的に得

られる電子放出層14は、所定の配向性をもった層になる。すなわち、分散中の導電性微粒子14bの形状的な配向性もしくは原子スピンの配向性が、電子放出層14中で均一となり、より安定した電子放出が期待できるようになる。

【0064】なお、図1～図5に示したいわゆる平面型の電子放出素子を製造する場合の微粒子の打ち込み作業は、基板面に対して垂直な方向に打ち込みを行うようにすればよいが、図7～図10に示したいわゆる垂直型の電子放出素子を製造する場合には、それぞれ効率良い打ち込み方向を考慮する必要がある。たとえば、図7(b)に示す構造における電子放出層55を形成するには、基板面に対してほぼ平行な方向(層55の表面に対して垂直となる方向)から微粒子を打ち込むのが最も効率的である。しかしながら、このような方向から打ち込みを行うことは実用上困難であるので、実際には、図10(b)に示す構造を採り、斜め上方からの打ち込みができるようにするのが好ましい。

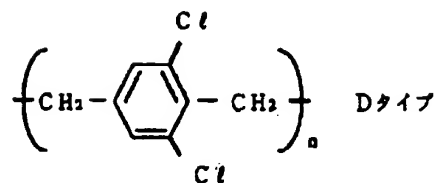
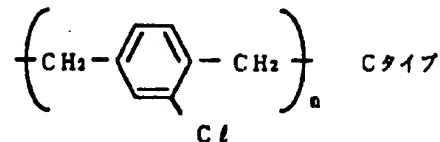
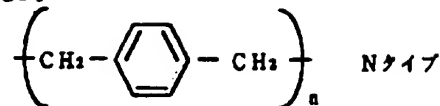
【0065】斜め上方からの打ち込みを行う具体的な手法としては、クラスター蒸着法の場合は、チャンバ内で基板を蒸発源に対して傾斜させて配置する斜方蒸着の手法を採ればよい。また、ガスデポジション法の場合は、基板に対して斜め上方の角度から微粒子が放出されるようにノズルを配置すればよい。

【0066】§7. 導電性材料および樹脂材料
本発明を実施するにあたって用いる導電性材料、すなわち、分散微粒子に用いる材料は、導電性の材料であればどのようなものでもかまわない。すなわち、金、銀、銅、アルミニウムなどの金属をはじめ、 SnO_2 、 In_2O_3 、 PbO などの金属化合物、カーボン、その他半導体などを用いることができる。

【0067】一方、この微粒子に対する分散媒として機能する樹脂材料は、熱可塑性を有し(できるだけ低温で軟化するものが好ましい)、絶縁性をもった材料であればよい。一般に、導電性微粒子に対する高抵抗体層として機能するためには、比抵抗で $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の絶縁性が必要であるとされている。具体的には、ポリエチレン、塩化ビニル樹脂、ポリプロピレン、スチレン樹脂、ABS樹脂、ポリビニルアルコール、アクリル樹脂、アクリロニトリルスチレン系樹脂、塩化ビニリデン樹脂、AAS(ASA)樹脂、AES樹脂、繊維素誘導体樹脂、熱可塑性ポリウレタン、ポリビニルブチラル、ポリ-4-メチルペンテン-1、ポリブテン-1、ロジンエステル樹脂などを用いることができる。また、弗素樹脂、たとえばポリテトラフルオロエチレン、弗素化エチレンプロピレン、テトラフルオロエチレン-パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体、またはそれらのディスバージョンタイプまたは変性タイプ(コーティングタイプ)、あるいは、ポリバラキシレンの下記構造式で示されるもの、

【0068】

【化1】



(なお、上記Cタイプは上記構造のもののみでなく、ベンゼン環における主鎖結合部位以外の部位のうち1つが塩素で置換されているもの、またDタイプはその2つが塩素で置換されているものであればよい)、などの樹脂は、耐熱性、耐湿性の点から特に好ましい。

【0069】

【実施例】以下、本発明の実施例を示す。

【0070】(1) 第1の実施例

まず、熱可塑性樹脂としてのロジンエステル樹脂(商品名:ステバライトエステル10)10gを、溶媒となるテトラヒドロフラン50g中に溶解した溶液を用意する。そして、この溶液を、所定の電極層が形成されたガラス基板11上にスピナーコーティングし(1000rpmで90秒)、60℃で1時間放置して溶媒を乾燥させ、基板全面に膜厚2μmほどの均一なロジンエステル層を形成した。

【0071】続いて、図12に示すチャンバ80内の基板ホルダ84に、上記ガラス基板11の底面を面接触させた状態で固定する。一方、ルツボ81内には、導電性材料82として、銅(Cu)のペレットを入れる。そして、チャンバ80内に窒素ガスを導入しながら排気を行い、内部を10Pa程度の圧力に維持する。ここで、ルツボ81を加熱して、銅を蒸発させる。その結果、基板11上で軟化した樹脂層のうち、遮蔽マスク86の開口

窓に対応した領域に、銅の微粒子が打ち込まれ、ロジンエステル樹脂層中に銅微粒子が分散した構造が得られた。銅の微粒子の平均粒径は20nm程度で、樹脂層表面からほぼ40nm程度の深さに均一に分散している状態が確認できた。こうして得られた電子放出層に電圧を印加したところ、表面から良好な電子放出が認められた。

【0072】(2) 第2の実施例

図13に示すように、2つのチャンバを用意する。第1のチャンバ110内のルツボ112には、導電性材料111としてアルミニウムを収容した。一方、第2のチャンバ120内には、上述の第1の実施例と同様に、厚み2μmほどのロジンエステル樹脂層が形成された基板11を収容した。第1のチャンバ110内に不活性ガスとしてのヘリウムガスを導入しながら、排気管123からの排気を行い、第1のチャンバ110内の圧力を 5×10^4 Pa、第2のチャンバ120内の圧力を 5×10^2 Pa程度に維持した。ここで、ルツボ112を加熱して、アルミニウムを蒸発させる。その結果、基板11上で軟化した樹脂層に、ノズル121から放出されたアルミニウムの微粒子が打ち込まれ、ロジンエステル樹脂層中にアルミニウム微粒子が分散した構造が得られた。アルミニウム微粒子の平均粒径は20nm程度で、樹脂層表面からほぼ40nm程度の深さに均一に分散している状態が確認できた。こうして得られた電子放出層に電圧を印加したところ、表面から良好な電子放出が認められた。

【0073】

【発明の効果】以上のとおり本発明によれば、熱可塑性をもった樹脂層を加熱軟化させた状態において、導電性材料からなる微粒子を表面から打ち込むようにしたため、安定した電子放出が可能な電子放出素子を簡単なプロセスで製造することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来提案されている一般的な表面伝導型の電子放出素子10および対向基板20の構造を示す断面図である。

【図2】図1に示す電子放出素子10におけるガラス基板11上に形成された構成要素の上面図であり、この図における切断線1-1による断面が図1に示されている。

【図3】図1に示す電子放出素子10からの電子放出が行われている状態を示す断面図である。

【図4】図1に示す電子放出素子10の電子放出層14をフォーミング処理により形成する方法を示す断面図である。

【図5】本発明に係る製造方法で製造された電子放出素子における電子放出層の基本構成を説明するための拡大断面図である。

【図6】図5に示す電子放出層における粒子の分布状態

を示す図である。

【図7】本発明に係る製造方法を適用した別な一実施形態に係る電子放出素子50の具体的な構造を示す斜視図である。

【図8】図7に示す電子放出素子50および対向基板20の構造を示す断面図である。

【図9】図7に示す電子放出素子50からの電子放出が行われている状態を示す断面図である。

【図10】本発明の製造方法を適用した更に別な一実施形態に係る電子放出素子60の具体的な構造を示す斜視図である。

【図11】本発明に係る電子放出素子の基本的な製造方法を示す側断面工程図である。

【図12】本発明における導電性微粒子の打ち込み方法の一例を示す概念図である。

【図13】本発明における導電性微粒子の打ち込み方法の別な一例を示す概念図である。

【図14】図13における第2のチャンバ120内の詳細な構造を示す斜視図である。

【図15】表面に絶縁膜を形成させた導電性微粒子が分散している状態を示す平衡断面図である。

【図16】本発明に係る電子放出素子の別な実施形態に係る製造方法を示す工程図である。

【符号の説明】

- 10…電子放出素子
- 11…支持基板（ガラス基板）
- 12…電極
- 13…電極
- 14…電子放出層
- 14a…樹脂層（高抵抗体層）
- 14b…導電性微粒子
- 14c…絶縁膜
- 14Z…導電性薄膜
- 15…広域樹脂層
- 20…対向基板
- 21…ガラス基板
- 22…透明電極
- 23…蛍光体層
- 31…電源
- 32…電源
- 33…スイッチ
- 34…電源
- 41…導電性微粒子
- 42…高抵抗体層
- 50…電子放出素子
- 51…支持基板
- 52…下部電極層
- 53…中間絶縁層
- 54…上部電極層
- 55…電子放出層

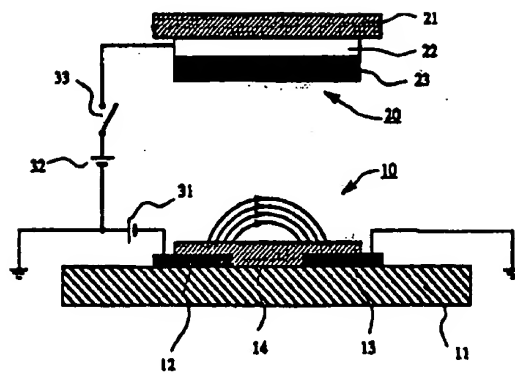
23

24

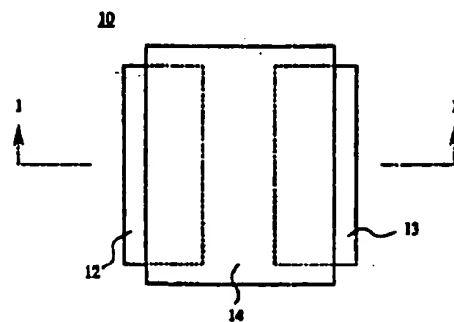
60…電子放出素子
61…支持基板
62…下部電極層
63…中間絶縁層
64…上部電極層
65…電子放出層
80…チャンバ
81…ルツボ
82…導電性材料
83…ヒータ
84…基板ホルダ
85…ヒータ
86…遮蔽マスク
87…排気管
110…第1のチャンバ
111…導電性材料

112…ルツボ
113…ガス導入管
114…移送管
120…第2のチャンバ
121…ノズル
122…移動ステージ
123…排気管
D1…導電性微粒子の粒径
D2…導電性微粒子間の距離
10 I1…ダイオード電流
I2…放出電流
If…フォーミング用電流
P1, P2…微粒子
V1…印加電圧
V2…アノード電圧

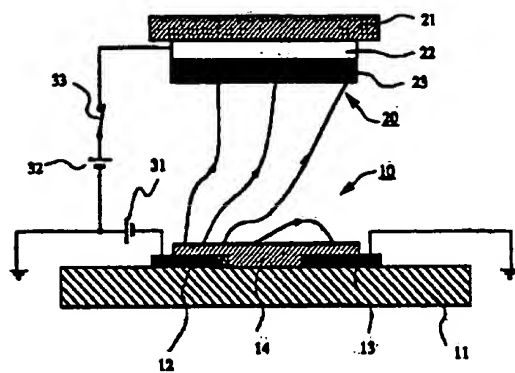
【図1】



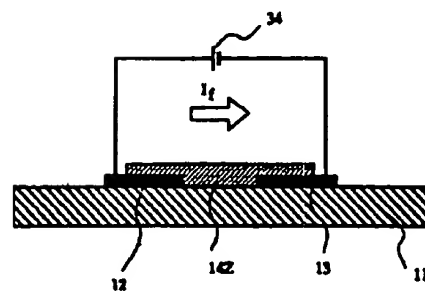
【図2】



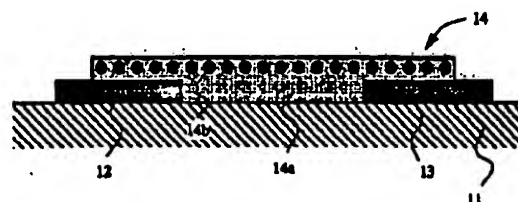
【図3】



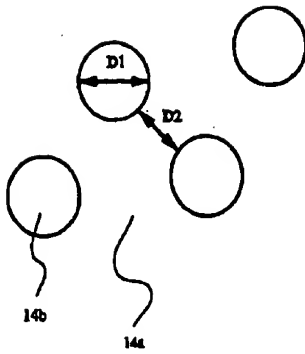
【図4】



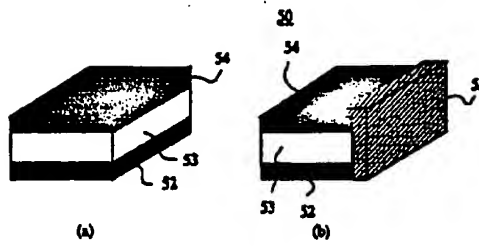
【図5】



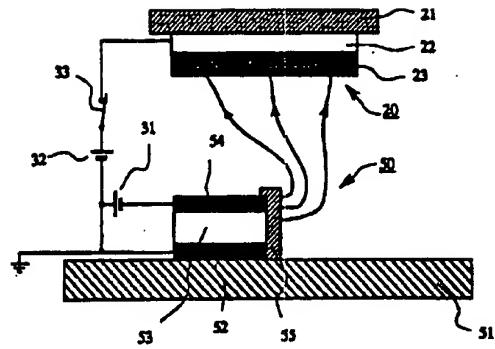
【図6】



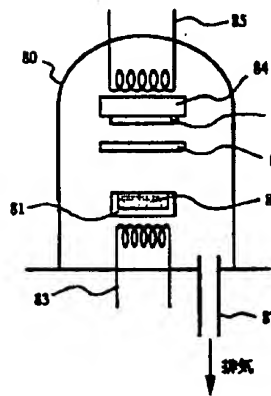
【図7】



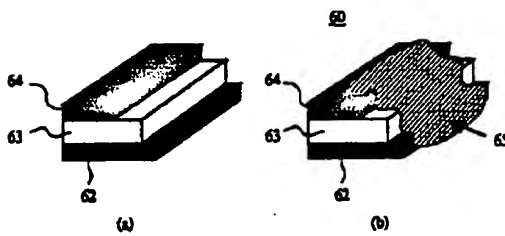
【図9】



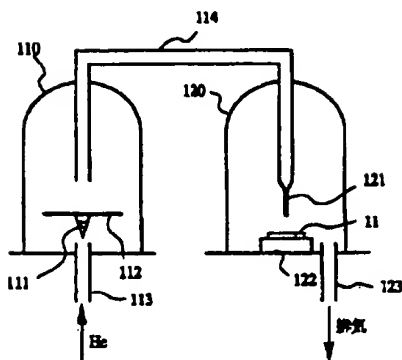
【図12】



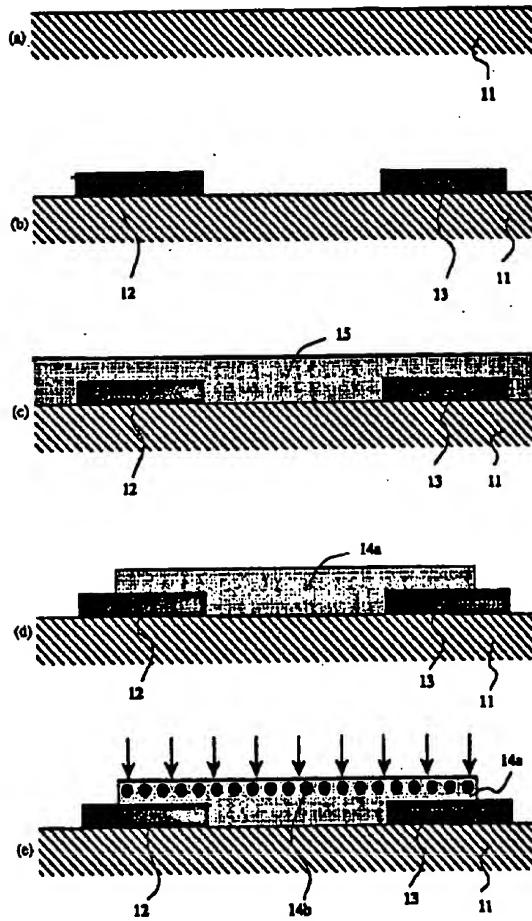
【図10】



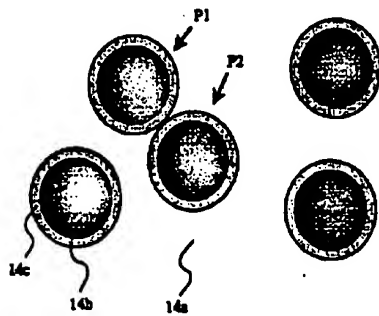
【図13】



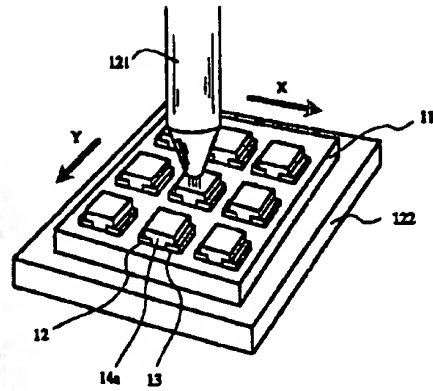
【図11】



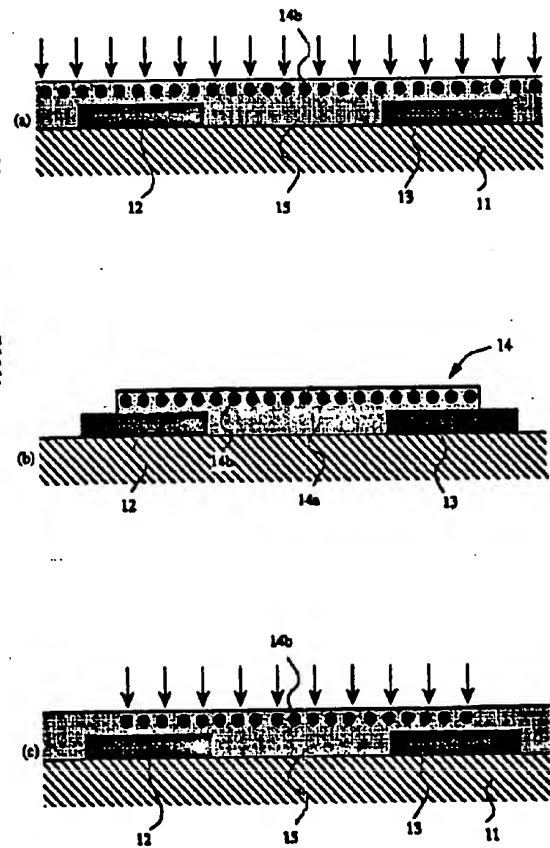
【図15】



【図14】



【図16】



THIS PAGE BLANK (USPTO)